

Best Available Copy

REC'D 24 SEP 2004  
WIPO PCT

PCT/JP 2004/011145

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

05.8.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

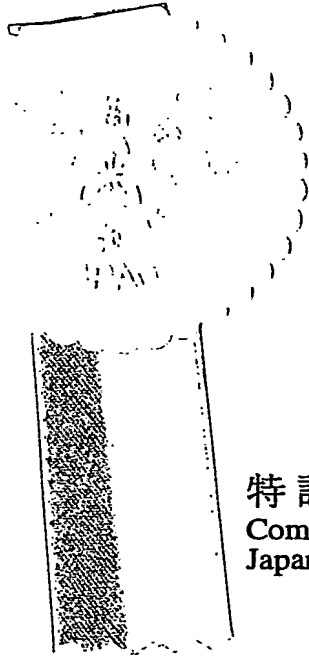
出願年月日  
Date of Application: 2003年 8月12日

出願番号  
Application Number: 特願2003-292558  
[ST. 10/C]: [JP 2003-292558]

出願人  
Applicant(s): 信越半導体株式会社

Best Available Copy

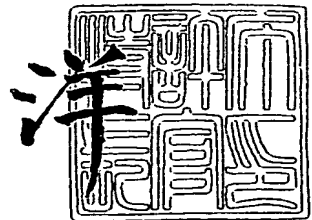
PRIORITY  
DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)



2004年 9月10日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 0300140  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01L 21/324  
【発明者】  
    【住所又は居所】 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字大平 1 5 0 番地 信越半導体  
                        株式会社 半導体白河研究所内  
                        小林 武史  
    【氏名】  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000190149  
    【氏名又は名称】 信越半導体株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100102532  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 好宮 幹夫  
    【電話番号】 03-3844-4501  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 043247  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 9703915

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

ウエーハの製造方法であって、少なくとも、インゴット状態のシリコン単結晶に熱処理を行ない内部に内部微小欠陥（BMD）を形成するBMD形成工程と、前記内部微小欠陥（BMD）を形成したインゴットをウエーハに加工するウエーハ加工工程を有することを特徴とするウエーハの製造方法。

**【請求項 2】**

前記BMD形成工程は、インゴット状態のシリコン単結晶に700℃以上の熱処理を行なうことを特徴とする請求項1に記載のウエーハの製造方法。

**【請求項 3】**

前記BMD形成工程は、1100℃以下の熱処理温度で30分以上8時間以内の熱処理を行なうことを特徴とする請求項1または請求項2に記載のウエーハの製造方法。

**【請求項 4】**

前記BMD形成工程は、昇温速度を0.5℃/min～10℃/minとして熱処理することを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載のウエーハの製造方法。

**【請求項 5】**

前記シリコン単結晶は、窒素がドーピングされている結晶であることを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載のウエーハの製造方法。

**【請求項 6】**

前記シリコン単結晶は、チョクラルスキー法により製造された準完全結晶（NPC）領域の結晶であることを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載のウエーハの製造方法。

**【請求項 7】**

前記インゴット状態のシリコン単結晶は、チョクラルスキー法による単結晶引上装置で引き上げられたままの形状のインゴット、又は引上げ後に円筒研削されブロック状に切断された状態のインゴットであることを特徴とする請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載のウエーハの製造方法。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ウェーハの製造方法

【技術分野】

【0001】

本発明はウェーハの製造方法に関し、特にIG (Intrinsic gettering) 能力を付与するための酸素析出物および内部微小欠陥BMD (Bulk Micro Defect) を生成したウェーハを低コストで製造する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体集積回路素子の基板として用いられるシリコン単結晶ウェーハは、主にチョクラスキー法 (CZ法) によって製造されている。CZ法とは、石英ルツボ内で1420℃以上の高温で熔融されたシリコン融液にシリコン単結晶の種結晶を浸漬させ、石英ルツボと種結晶を回転させながら徐々に種結晶を引き上げることによって、円柱状のシリコン単結晶を育成する方法である。この時、シリコン融液と接触する石英ルツボ表面は熔融し、酸素がシリコン融液中に溶解込み、育成中の結晶の中に取り込まれる。その酸素原子は結晶育成中および冷却中に凝集し、酸素析出核となる。そのため育成されたままの結晶から採取されたシリコンウェーハに700℃から1050℃の温度帯で熱処理を施すとこの核が成長し酸素析出物およびBMDを形成する。この酸素析出物は、集積回路素子形成の過程 (デバイスプロセス) で起こる金属汚染を捕獲するという有益な役割を担う。いわゆるイントリンシック・ゲッターリング (IG) である。

【0003】

今後のデバイスプロセスは、更なる高集積化と高エネルギー・イオン注入を用いたプロセスの低温化が進むことが明らかで、その場合、デバイスプロセス途中におけるBMDの形成が、プロセス低温化のために困難になることが予測される。従って、低温プロセスでは、高温プロセスに比べて十分なIG効果を得ることが困難となる。また、デバイスプロセスが低温化しても、高エネルギー・イオン注入等での重金属汚染は避け難く、ゲッターリング技術は必須と考えられる。またスリップの発生を抑制するには高密度なBMDが存在する事が好ましい。

【0004】

通常のBMDの形成は、ウェーハ加工した後にウェーハを熱処理することで行なわれている。例えばDZ-IG熱処理といわれる熱処理などが知られている。これはウェーハ加工した鏡面状のウェーハを1100℃から1200℃程度の温度で高温処理をすることにより、ウェーハ表面近傍の酸素を外方に拡散させて微小欠陥の核となる格子間酸素を減少させ、デバイス活性領域に欠陥の無いDZ (Denuded Zone) 層を形成させる。その後、600℃から900℃の低温熱処理で、ウェーハバルク中にBMDを形成するという高温+低温の二段の熱処理が行われている。また初めに低温処理を行ない、BMDを十分に形成しつつ、その後の高温熱処理でウェーハ表層のDZ層を形成する事もある。このようなウェーハ状態で熱処理しDZ層やIG能力を付加したウェーハはアニールウェーハ等といわれる。

【0005】

また、近年では、ウェーハ (インゴット) の中に、窒素をドーブし、COP (Crystal Originated Particle) 等の結晶起因の欠陥が消滅しやすく、かつ、酸素析出物が得られやすいようにする工夫もされている。

【0006】

更には、原子空孔過剰であるが結晶成長導入欠陥 (COP等の結晶欠陥) のない領域と格子間シリコン原子過剰であるが結晶成長導入欠陥のない領域からなる結晶が知られている。これは結晶の引上げ速度等を制御する事によって得られ、結晶欠陥がほとんどないウェーハとすることができ、このような原子空孔過剰であるが結晶成長導入欠陥のない領域と格子間シリコン原子過剰であるが結晶成長導入欠陥のない領域からなる結晶は準完全結晶 (Nearly perfect crystal) と呼ばれ、以下NPCと呼ぶ事がある。このような結晶

を用いても表面の無欠陥領域（DZ層）の広いアニールウエーハが効果的に製造できる（例えば、特許文献1参照）。

【0007】

しかし、例えば上記のようなDZ-I G熱処理と呼ばれるアニールでは、ウエーハにDZ層形成とBMD形成という目的の異なる2段の熱処理を行なうことから大変時間がかかるものであった。特に高密度にBMDを形成するには、低温で十分な時間をかけ熱処理することが必要である。

【0008】

また、シリコンウエーハに加工されたウエーハ状態で熱処理する場合には、図6に示すような縦型の熱処理装置30が用いられ、熱処理ポート40にセットされたウエーハWをチャンバ31内でヒータ32により加熱する。また、ウエーハのセットには、図7に示すような熱処理ポート40が用いられ、連結部41で連結された複数の支柱42に設けた溝状のウエーハ載置部43にウエーハWを保持する。しかし、ウエーハをセットできる枚数は、多くても100枚程度に限られてしまう。そのため、アニールウエーハを大量に生産するには、熱処理装置を多く用意するか、アニール時間を短縮する必要がある。

【0009】

しかし、ウエーハが大口径化することで、このような熱処理を行なう装置も大型化し、それに用いられる熱処理ポートなども大型化することで、設備的に大変高価な装置が必要となってしまう。従って、装置を多く導入するにはコスト的に限界があり、効率よく熱処理装置を運用する事が重要である。

【0010】

【特許文献1】特開平11-199387号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明は、ウエーハの製造でI G能力を付与するための熱処理が短縮でき、またI G能力の高いウエーハを大量に生産することができるウエーハの製造方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記課題を解決するための本発明は、ウエーハの製造方法であって、少なくとも、インゴット状態のシリコン単結晶に熱処理を行ない内部に内部微小欠陥（BMD）を形成するBMD形成工程と、前記内部微小欠陥（BMD）を形成したインゴットをウエーハに加工するウエーハ加工工程を有することを特徴とするウエーハの製造方法である（請求項1）。

【0013】

このように、BMD形成工程としてインゴット状態のシリコン単結晶に予め熱処理をおこなうこととし、ウエーハ加工工程でインゴットをウエーハに加工することにより、従来のようにウエーハ状態のシリコン単結晶に対してBMDを形成する熱処理を加える方法に比べて効率良く熱処理を行なうことができ、I G能力の高いウエーハを大量に生産することができる。また、初めからI G能力の高いウエーハをデバイス工程などの後工程に供給することができる。

【0014】

この場合、前記BMD形成工程は、インゴット状態のシリコン単結晶に700℃以上の熱処理を行なうことが好ましい（請求項2）。

このようにインゴット状態のシリコン単結晶に700℃以上の熱処理を行なうことにより、内部に十分なBMDを形成することができる。

【0015】

この場合、前記BMD形成工程は、1100℃以下の熱処理温度で30分以上8時間以内の熱処理を行なうことが好ましい（請求項3）。

1100℃以下の熱処理温度で熱処理することにより、単結晶に転位やスリップを発生させることなく熱処理を行なうことができる。また、30分以上8時間以内の熱処理を行なうことにより、良好なIG能力を付与することができる。

**【0016】**

この場合、前記BMD形成工程は、昇温速度を0.5℃/min~10℃/minとして熱処理することが好ましい（請求項4）。

このような昇温速度で熱処理することによりインゴット中に安定したBMDを形成することができる。なお高密度にBMDを析出させるためには、BMD析出核が生成する温度帯領域、例えば500℃以上において5℃/min以下にゆっくり昇温することが好ましい。これより低い領域（500℃未満）では10℃/min程度と比較的高速に昇温して処理すれば良い。

**【0017】**

この場合、前記シリコン単結晶は、窒素がドーピングされている結晶であることが好ましい（請求項5）。

このようにシリコン単結晶に窒素をドーピングしておくことにより、熱処理によりBMDを形成しやすくすることができる。

**【0018】**

この場合、前記シリコン単結晶は、チョクラルスキー法により製造された準完全結晶（NPC）領域の結晶とすることができる（請求項6）。

このような結晶であれば、例えば後の工程でアニールウエーハとした場合にDZ層の厚いより高品質のウエーハとすることができる。

**【0019】**

この場合、前記インゴット状態のシリコン単結晶は、チョクラルスキー法による単結晶引上装置で引き上げられたままの形状のインゴット、又は引上げ後に円筒研削されブロック状に切断された状態のインゴットとすることができる（請求項7）。

本発明では、このようなインゴット状態のシリコン単結晶に熱処理を行ない内部にBMDを形成するため、効率良く単結晶にBMDを形成することができる。

なお、本発明でいう単結晶引上装置で引き上げられたままの形状のインゴットとは、チョクラルスキー法により引き上げられた直後の結晶の他、引き上げられたインゴットからコーン部、テール部を切断したもの、あるいはそれらを数個のブロックに切断したものも含む。

**【0020】**

以下、本発明について詳細に説明する。

発明者は、IG能力の高いウエーハの製造に際して、インゴット状態で熱処理をしてIG効果を上げるためのBMDを形成しておき、それをウエーハ加工することによって、BMDが形成されIG能力の高いウエーハを効率良く製造することができ、その後のDZ層形成やエピタキシャル層形成のプロセスにおいても、BMD密度が十分に維持できることを知見した。

**【0021】**

従来インゴット状態のアニール（以下インゴットアニールということがある）は、化合物半導体、例えばGaAsにおいて主に行なわれている技術で、もっぱら電気特性を均一に改善する為に行なわれているものである（例えば特開平6-196430号公報、特開平6-31854号公報参照）。本発明では、このような熱処理とは異なり、シリコン単結晶に対しBMDを形成する熱処理をインゴットの状態で施しておく事で、IG能力の高いウエーハを短時間で大量に生産する。すなわち、本発明のウエーハの製造方法は、インゴット状態のシリコン単結晶の内部にBMDを形成し、その後ウエーハ加工を行なうことを特徴とする。

**【0022】**

本発明は、このようにインゴットの状態でBMDを形成しておき、これをウエーハ加工してIG能力を付加したウエーハを製造することによって、例えば、その後にアニールウエーハを製造する際にも、このIG能力を付加する条件の熱処理を省略または簡略化する

ことができ熱処理時間を短くすることができるものである。また、例えば、このようなウエーハにエピタキシャル層を形成することでエピタキシャルウエーハを作製する場合においてもゲッタリング効果の高いウエーハとすることができる。またインゴット状態での熱処理であることから、従来のウエーハ状態でのBMDを形成する熱処理に比べ、ウエーハ熱処理ボートを用いる必要がないため、(ウエーハ換算にすると)一度に大量に熱処理することができ、熱処理の効率を大幅に向上させることができる。

#### 【0023】

具体的には、インゴット状態のシリコン単結晶に700℃以上の熱処理を行ない、その後ウエーハ加工を行なう。特にインゴット状態のシリコン単結晶に熱処理を行ないインゴット内部にBMDを形成する熱処理工程は、700℃以上1100℃以下の熱処理温度で30分以上8時間以内の熱処理を行なうと良い。また昇温速度も0.5℃/min~10℃/minとして熱処理することで安定したBMDを形成する事ができる。

#### 【0024】

インゴットの状態で1100℃以下の温度で熱処理を行なうことによりインゴット全体に転位やスリップが発生することを防ぐことができる。また、700℃以上の温度で熱処理をすることにより、十分なBMDを形成することができる。さらに、700℃以上の温度で熱処理をすることにより、後の工程(例えばウエーハ状態でのアニール工程)で消滅しないようなBMDを形成することができる。

#### 【0025】

このような温度範囲で、インゴットに例えば30分以上8時間以内の定温保持または複数回の定温保持熱処理を行なうと十分なBMDを形成することができ、その後の工程によってもこのBMDは消失せず残留するため、良好なIG能力を付与させることができる。処理時間は特に限定するものではなく、この処理時間はもっと長くてもかまわないが、時間的メリット及び良好なIG能力を得るには上記範囲程度が適当である。このとき、昇温速度を0.5℃/min~10℃/minとして昇温すると好ましい。

#### 【0026】

また、インゴットは、シリコン単結晶に窒素がドーブされている結晶、又はNPC領域の結晶であることが好ましい。

特に窒素ドーブしたシリコン単結晶を用い熱処理した場合、結晶内部で酸素析出物が得られやすくなり、かつ、COP等の結晶起因の欠陥が熱処理により消滅しやすくなる。このようなシリコン単結晶を用いる事により、例えば、DZ層を形成する工程を後に行なう場合において無欠陥領域が広くIG効果の高いウエーハを効果的に製造できるようになる。

#### 【0027】

また、NPC領域の結晶についても同様に無欠陥領域の広いウエーハとなり好ましい。NPC領域の結晶は、結晶引上げ条件を制御する事で、原子空孔過剰であるが結晶成長導入欠陥のない領域(Nv領域ということがある)と格子間シリコン原子過剰であるが結晶成長導入欠陥のない領域(Ni領域ということがある)で成長させた結晶である。

特に、NPC領域ではNvとNi領域で、酸素析出挙動が異なる事が知られている。このような異なる酸素析出挙動を示す場合、例えばインゴット段階で300~500℃といった低温領域から、0.5~2℃/min程度の遅い昇温速度でBMDを成長させることにより、NvやNi領域での酸素析出挙動が均一化され、面内で安定したBMDの形成を行なうことができるので好ましい。従来は、ウエーハ状態でこのような熱処理を行なうと生産性が著しく低下するため、現実的には実施することができなかった。しかしインゴット段階であれば、このようなゆっくりした熱処理を行なっても一度に大量の処理を行うことが出来るので高い生産性を維持することができる。

#### 【0028】

なお、インゴット状態のシリコン単結晶とは単結晶引上装置で引き上げられたままの形状のインゴット又は引上げ後に円筒研削しブロック状に切断した状態のインゴットである。単結晶引上装置により引き上げたシリコン単結晶は、コーン及びテールといった部分が

形成されているが、このようなインゴットの状態（この他にコーン部およびテール部を除去した状態、および複数ブロックに分割した状態を含む）で、インゴットアニールをすることができる。

またウエーハ加工前（スライス前）に、通常はインゴットを円筒研削してから複数のブロックに分けるが、このような円筒研削されたブロックの状態でも熱処理しても良い。この場合は、ブロックの表層に円筒研削での金属汚染が発生するため、表層 100～500  $\mu$ m 程度を酸エッチングにより除去してから、熱処理を行うことが好ましい。

#### 【発明の効果】

##### 【0029】

本発明によるウエーハの製造方法によれば、初めにインゴットの状態でも BMD を形成する熱処理を行なうため、IG 能力の高いウエーハをデバイス工程などの後工程に供給することができる。また BMD を形成する熱処理を一度に大量に行なうことにより効率良く行なうことができ、IG 能力を付与するための熱処理時間を大幅に短縮することができ、これによりウエーハ製造の生産性を向上させることができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

##### 【0030】

本発明のウエーハの製造方法について図面を参照し説明する。図 1 および図 2 は本発明のウエーハの製造工程の概略を示すフロー図である。

##### 【0031】

#### （インゴットの育成）

先ず初めに CZ 法により、酸素濃度（や窒素濃度）、抵抗率等を調節しシリコン単結晶インゴットを成長する。この引上げ方法は特に限定されるものではなく、従来から行なわれている方法を用いれば良い。特に COP 等の結晶起因の欠陥が少なくなるような条件でインゴットを引き上げると好ましい。

##### 【0032】

特にシリコン単結晶中に窒素をドーピングすることにより、BMD を形成しやすいシリコン単結晶を成長させることができる。本発明において、窒素をドーピングしたシリコン単結晶インゴットを育成するには、チョクラルスキー法でシリコン単結晶を育成する場合に、あらかじめ石英ルツボ内に窒化物を入れておくか、シリコン融液中に窒化物を投入するか、雰囲気ガスを窒素を含む雰囲気等とすることによって、シリコン単結晶中に窒素をドーピングすることができる。この際、窒化物の量あるいは窒素ガスの濃度あるいは導入時間等を調整することによって、結晶中の窒素ドーピング量を制御することが出来る。

##### 【0033】

また、準完全結晶（NPC）領域のシリコン単結晶を用いることにより、後にウエーハ状態でアニールを行なった場合に DZ 層の厚いアニールウエーハを製造することができる。この準完全結晶領域のシリコン単結晶を製造するには、例えば、チョクラルスキー法により単結晶を成長させるときの引上速度  $V$  と、固液界面近傍の引上軸方向の結晶温度勾配  $G$  との比である  $V/G$  を制御しつつ結晶引上を行なうことにより、結晶横断面全面で、準完全結晶（NPC）領域のシリコン単結晶を引上げることができる。

##### 【0034】

#### （インゴットアニール：BMD形成工程）

次にこのように育成されたインゴットをインゴットの形態で熱処理して内部に BMD を形成する。つまりウエーハ形状に加工するスライス工程前（ウエーハ加工工程前）に熱処理を行なう。この場合 BMD が形成される条件で熱処理する。この時、インゴットアニールは、単結晶製造装置で引き上げられたままの形状のインゴット又は引上げ後に円筒研削しブロック状に切断した状態で行なう。つまりインゴット外周部を円筒研削する前又は後どちらでも実施する事ができる。

##### 【0035】

まず、引き上げられたままの形状でのインゴットアニールについて、その一実施形態を説明する（図 1）。



この例では、単結晶製造装置で引上げられたインゴットのコーン部やテール部を除去せず、複数ブロックに分割しない状態でインゴットを熱処理炉に入れBMDを形成する熱処理をする。

この場合の熱処理装置は特に限定するものではないが、このようなインゴットの塊の状態で熱処理できるものが好ましく、図3に示すような横型の熱処理炉が好適である。図3は横型熱処理炉の概略を示すもので、この熱処理炉10は、コーン部やテール部を除去せず、複数ブロックに分割しないインゴット1をそのまま投入する事ができる石英やSiC製のチャンバ11を有し、その外側にヒータ12等の熱処理手段が具備されているものである。インゴット1はコーン部及びテール部を支持できる支持部13で保持される（必要によりインゴット中心部にも支持部を配置しても良い）。このような装置を用いBMDが形成される熱処理条件で熱処理を行なう。

#### 【0036】

このような引上げられたままの形状のインゴットを熱処理すると汚染等が極力少ない状態または、歪み等が形成されていない状態で熱処理でき好ましい。また、インゴットを一度に熱処理することによりウエーハ換算にするとたいへん大量のウエーハが処理できる。

#### 【0037】

次に、別な形態の例を示す。以下の例では引き上げられたままの形状ではなく、引上げ後に円筒研削されブロック状に切断された状態にしたインゴットをインゴットアニールする例を示す。（図2）

#### 【0038】

インゴットの育成工程で引き上げられたインゴットの側面を円筒研削し、その後、図5に示すようにインゴット1のコーン部2及びテール部3を切断し、さらに複数のブロック4に切断する事でインゴットブロックを得る。

#### 【0039】

その後、このブロック状のインゴットに熱処理を行なう。なお、このような円筒研削・ブロック加工を行なった場合、熱処理により汚染や割れが生じる可能性があるため、先ず初めにインゴット表面全体をエッチング液により、数百 $\mu\text{m}$ エッチングしてインゴット表面に付着している金属不純物等を除去する。このエッチング液は例えば、HF/HNO<sub>3</sub>からなる酸性のエッチング液などが用いられる。

#### 【0040】

その後、ブロックの状態のまま、熱処理炉に入れ熱処理する。熱処理装置は特に限定するものではないが、このような形態のインゴットブロックを塊のまま熱処理できる例えば、図4のようなものが好ましい。図4の熱処理炉20は、インゴットのブロック4を縦置きにして熱処理できる装置であるが、インゴットのブロック4を熱処理炉20の下方から石英やSiCからなるチャンバ21内に投入し、その外側に配置されたヒータ22等の熱処理手段により熱処理する形態のものであり、いわゆる縦型の熱処理炉である。このような熱処理炉を用いBMDが形成される熱処理条件で熱処理を行なう。このようなシリコン単結晶をブロック状にした熱処理では、熱処理炉も小型化でき好ましい。

#### 【0041】

このように引上げ後に円筒研削されブロック状に切断された状態にしたインゴットを熱処理する場合においても、ウエーハ用の熱処理ボートが不要になるため、一度に大量のシリコン単結晶を熱処理でき、ウエーハ状態で熱処理した場合に換算すると、きわめて多くのウエーハを一度に熱処理できることになる。

#### 【0042】

以上のようなBMD形成工程の具体的な熱処理条件は、要求される仕様により適宜設定すれば良いが、特に酸素雰囲気中、700℃～1100℃の熱処理を30分から8時間程度行なえば、目的とするBMDが十分に生成される。実際には室温から500℃付近までは昇温速度10℃/分程度の高速で昇温し、その後昇温速度を遅くして、設定温度までは0.5℃/分～5℃/分程度で昇温する。このような方法で設定温度（例えば1000℃）まで徐々に昇温させ、この設定温度で任意の時間（例えば1時間）保持する。その後、

600℃までは5℃/分程度の降温速度で冷却し、その後2℃/分程度で室温まで落とし熱処理を終了する。こうすることで、後にウエーハ状態でDZ層を形成する1000℃程度の熱処理やエピタキシャル成長を行なっても消失しないBMDがインゴット中に高密度に形成される。

#### 【0043】

(ウエーハ加工工程)

次にこのようにインゴットアニールしたインゴットをウエーハ加工する。ウエーハ加工では、少なくとも高平坦度なウエーハが得られればその工程は特に限定するものではない。この実施の形態では図8に示すように単結晶シリコンインゴットをスライスして薄板(ウエーハ)を作製した後(図8(A))、このシリコンウエーハに対して面取り(図8(B))、平坦化(ラッピング)(図8(C))、エッチング(図8(D))、研磨(図8(E))等の各工程を順次実施し、最終的に鏡面研磨ウエーハを得る。各工程の条件は特に限定するものではないがスライス工程(図8(A))ではワイヤーソーを用いた切断、平坦化工程(図8(C))ではラッピング(工程)または平面研削(工程)などにより行なう。例えばラッピング工程であれば#1500以上の遊離砥粒を用いたラッピングを行なう。次にエッチング工程(図8(D))ではアルカリ溶液を用いたエッチング、研磨工程(図8(E))では両面研磨、片面研磨を組み合わせた複数段の研磨で実施すると良い。また面取り工程(図8(B))についても平坦化前の粗面取りや面取り部の鏡面化(鏡面面取り)等を実施している。この他に研磨後や各工程間に洗浄工程が入っても良い。

このように、インゴットアニールを行なった後、ウエーハ加工することでIG能力の高いウエーハが容易に製造できる。

#### 【実施例】

##### 【0044】

(実施例1)

(インゴットの育成)

CZ法により、酸素濃度 $13 \sim 15 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$  [old ASTM]、窒素濃度 $5 \sim 9 \times 10^{12} \text{ atoms/cm}^3$ のシリコン単結晶インゴットを成長した。このインゴットを円筒研削し複数のブロックに切断する事で、直径約300mm、長さ約30cmのインゴットを得た。

##### 【0045】

(インゴットアニール：BMD形成工程)

上記インゴットを、インゴットの状態のまま熱処理を行ない内部にBMDを形成するBMD形成工程を行なった。まず初めにインゴット表面全体をHF/HNO<sub>3</sub>からなる酸エッチング液により約200μmエッチングして表面を汚染している金属不純物を除去した。

その後、インゴットの状態のまま、図4に示す熱処理炉に入れて熱処理した。

##### 【0046】

熱処理は、室温から昇温速度10℃/分で500℃まで、その後昇温速度1℃/分で1000℃まで昇温し、1000℃で2時間保持した。その後、600℃まで5℃/分程度の降温速度で冷却し、その後2℃/分程度で室温まで落とした。この熱処理時の雰囲気は酸素ガスを用いた。

これにより、ウエーハに換算すると通常のウエーハ熱処理ポート4バッチ分の熱処理が、1回の熱処理で実施することができた。

##### 【0047】

(ウエーハ加工工程)

ウエーハ加工工程では、BMD形成工程後のインゴットを図8に示す工程で処理した。スライス工程(図8(A))ではワイヤーソーを用いて切断し、面取り工程後(図8(B))、平坦化工程(図8(C))では#1500の遊離砥粒を用いてラッピングし、エッチング工程(図8(D))では濃度50%NaOHを用いたアルカリ溶液によりエッチングした。その後研磨工程(図8(E))では両面研磨、片面研磨、片面研磨の3段の研磨

を行ない、高平坦度で鏡面化されたウエーハを得た。その後洗浄を行なった。上記 30 cm のインゴットから約 300 枚の直径 300 mm のシリコンウエーハが得られた。

【0048】

このようにして得られたウエーハについて、BMD 密度を赤外線トモグラフィ法で評価した結果、 $3 \times 10^9$  個/cm<sup>3</sup> と十分な BMD 密度であった。つまり IG 能力の高いウエーハが得られた。従って、このようなウエーハを用いて後工程で例えば DZ 層を形成するようなアニールウエーハの作製を行なった場合、BMD を形成するような低温の熱処理を行なう必要がなくなるため、ウエーハ状態での熱処理は主に DZ 層を形成する為の熱処理を行なうだけで良いことになり、熱処理時間を大幅に短縮する事ができる。

【0049】

(実施例 2)

CZ 法により、酸素濃度  $13 \sim 15 \times 10^{17}$  atoms/cm<sup>3</sup> [old ASTM] のシリコン単結晶インゴットを成長した。このシリコン単結晶は、結晶の成長速度を制御し NPC 領域の結晶を成長させた。このインゴットは円筒研削し複数のブロックに切断する事で、直径約 300 mm、長さ約 30 cm のインゴットを得た。

【0050】

その後、実施例 1 と同様に、BMD 形成工程、ウエーハ加工工程を行ない、約 300 枚の直径 300 mm のシリコンウエーハを得た。このようにして得られたウエーハについて、BMD 密度を赤外線トモグラフィ法で評価した結果、 $3 \times 10^9$  個/cm<sup>3</sup> と十分な BMD 密度であり、IG 能力の高いウエーハが得られた。

【0051】

(比較例)

実施例 1 および 2 と同様にインゴットを製造した後、インゴットの状態での熱処理を行なう BMD 形成工程を行なわないで、それぞれウエーハ加工を行なった。このウエーハを、上記実施例 1 および 2 と同じ条件で BMD 密度を評価した。

【0052】

上記インゴットから得られたウエーハについて、インゴット状態で BMD 形成工程を行なわずウエーハ加工しただけでは、BMD が形成されていない為、上記のような評価を行なっても BMD はほとんど検出されなかった。従って、このウエーハを例えばアニールウエーハとして用いる場合、ウエーハ状態で BMD を形成及び成長させるような熱処理を行なわなくてはならない。

【0053】

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図 1】 本発明のウエーハの製造工程の一例を示したフロー図である。

【図 2】 本発明のウエーハの製造工程の別の例を示したフロー図である。

【図 3】 本発明における BMD 形成工程で用いられる横型熱処理炉の一例を示した説明図である。

【図 4】 本発明における BMD 形成工程で用いられる縦型熱処理炉の一例を示した説明図である。

【図 5】 引上げ後にブロック状に切断された状態のシリコン単結晶のインゴットを示した図である。

【図 6】 ウエーハの熱処理で用いられる縦型熱処理装置の一例を示した説明図である。

【図 7】 ウエーハの熱処理で用いられる熱処理ポートの一例を示した説明図である。

【図 8】 本発明におけるウエーハ加工工程の一例を示したフロー図である。

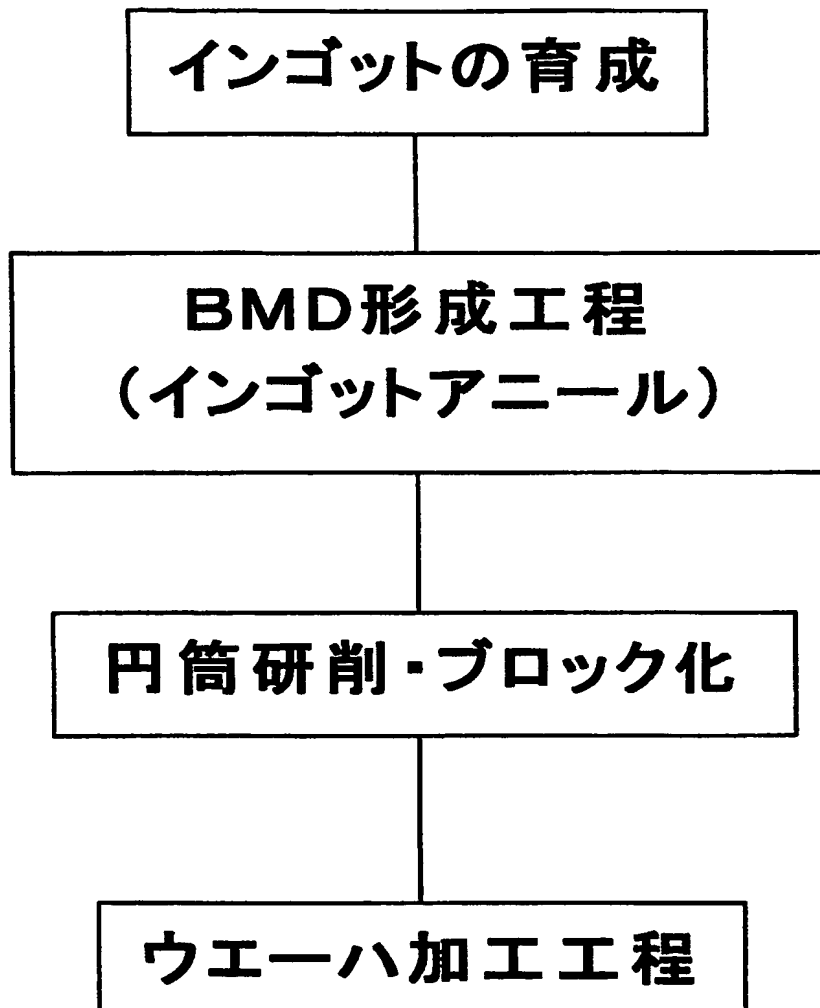
【符号の説明】

【0055】

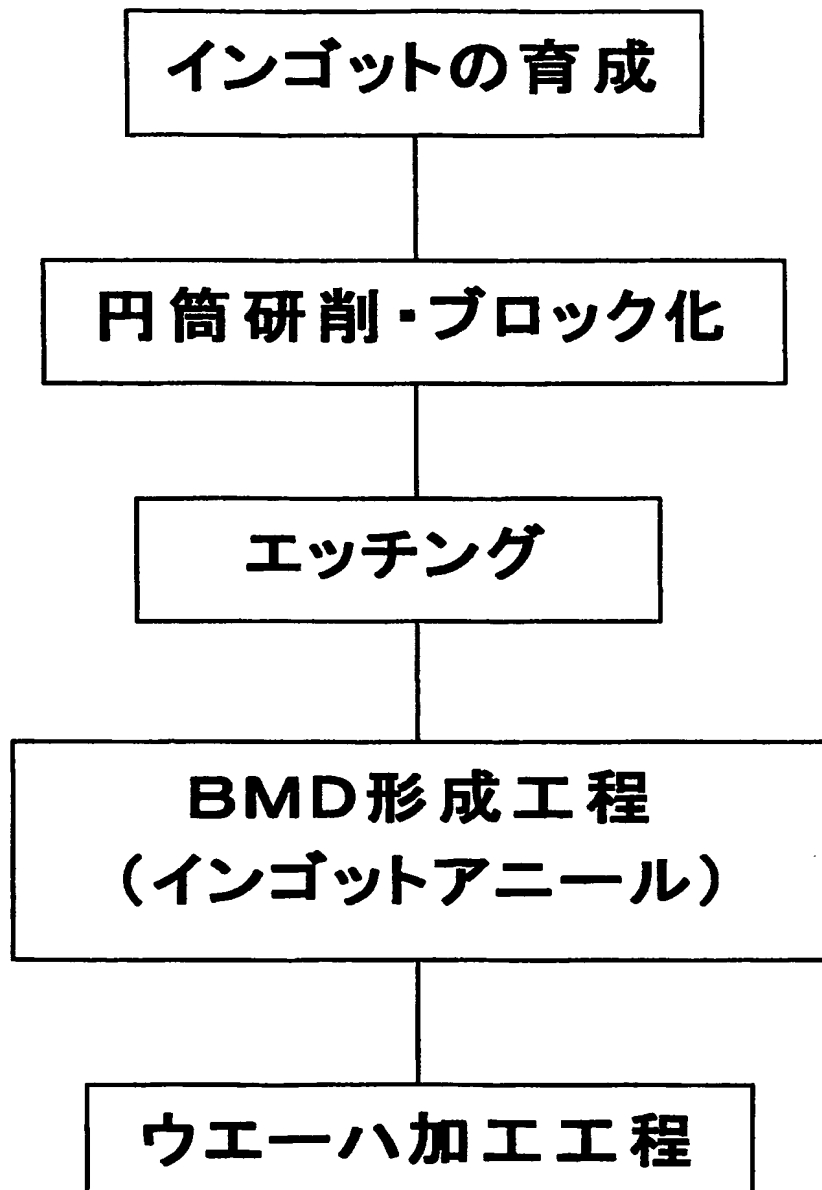
1…インゴット、 2…コーン部、 3…テール部、 4…ブロック、  
 10…熱処理炉、 11…チャンバ、 12…ヒータ、 13…支持部、  
 20…熱処理炉、 21…チャンバ、 22…ヒータ、  
 30…熱処理炉、 31…チャンバ、 32…ヒータ、  
 40…熱処理ボート、 41…連結部、 42…支柱、 43…ウエーハ載置部、  
 W…ウエーハ。

【書類名】 図面

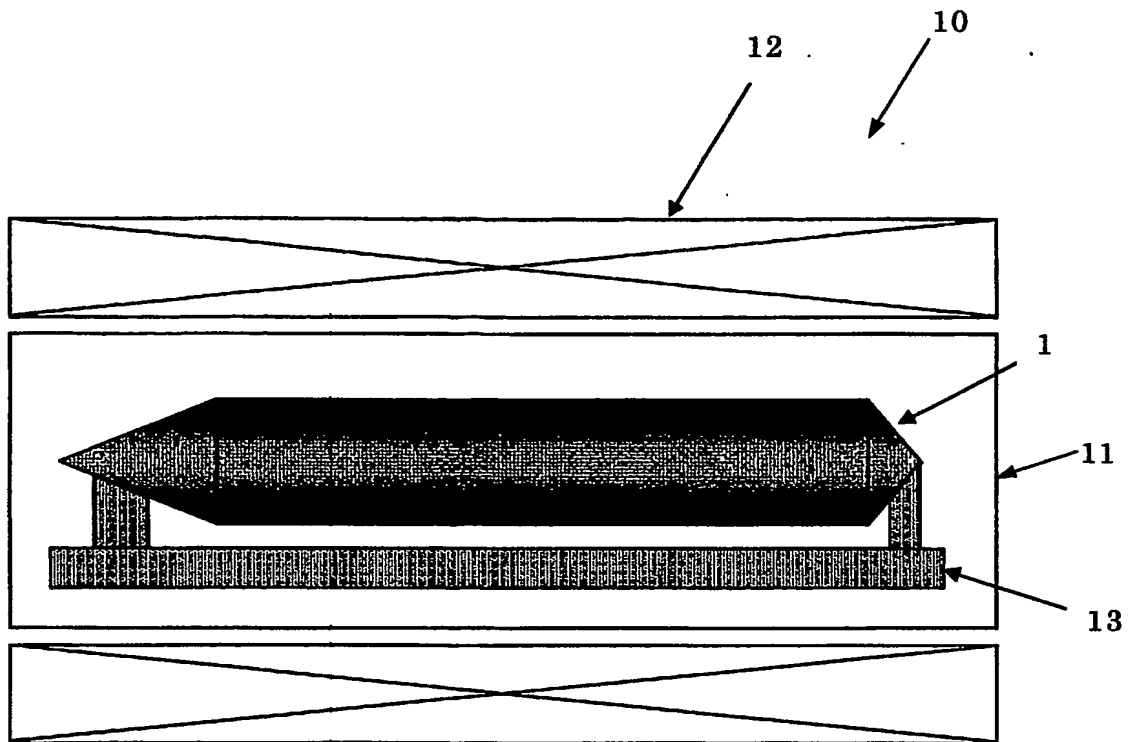
【図 1】



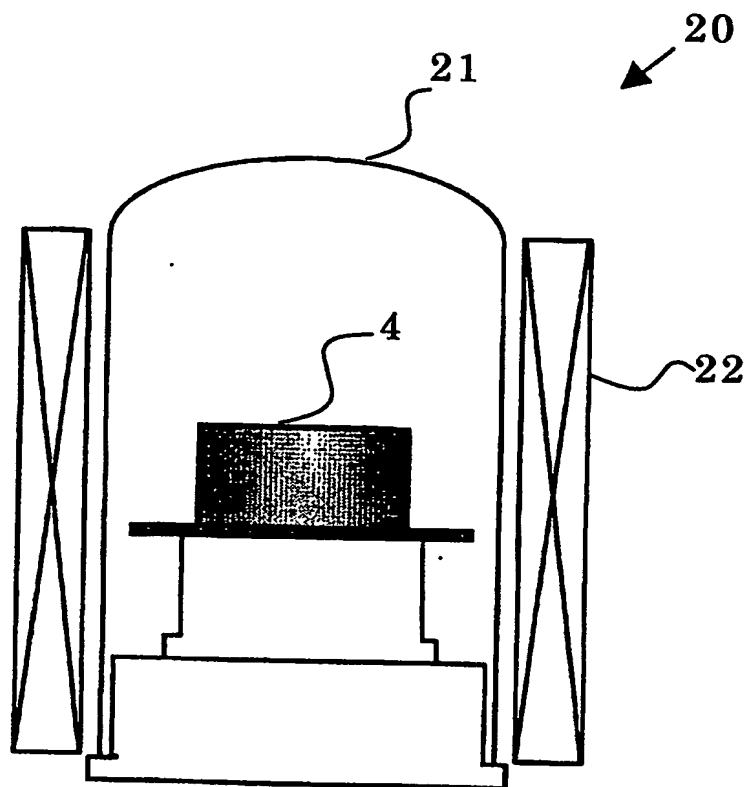
【図 2】



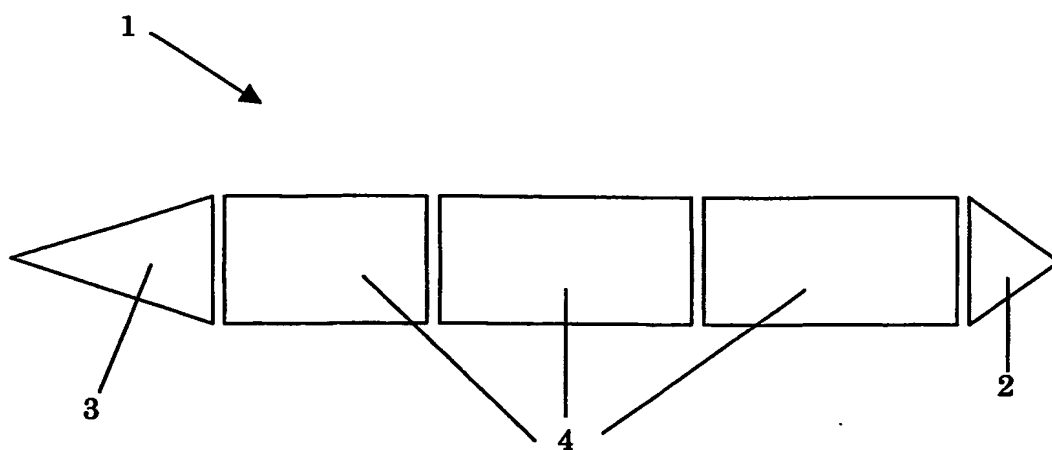
【図 3】



【図 4】

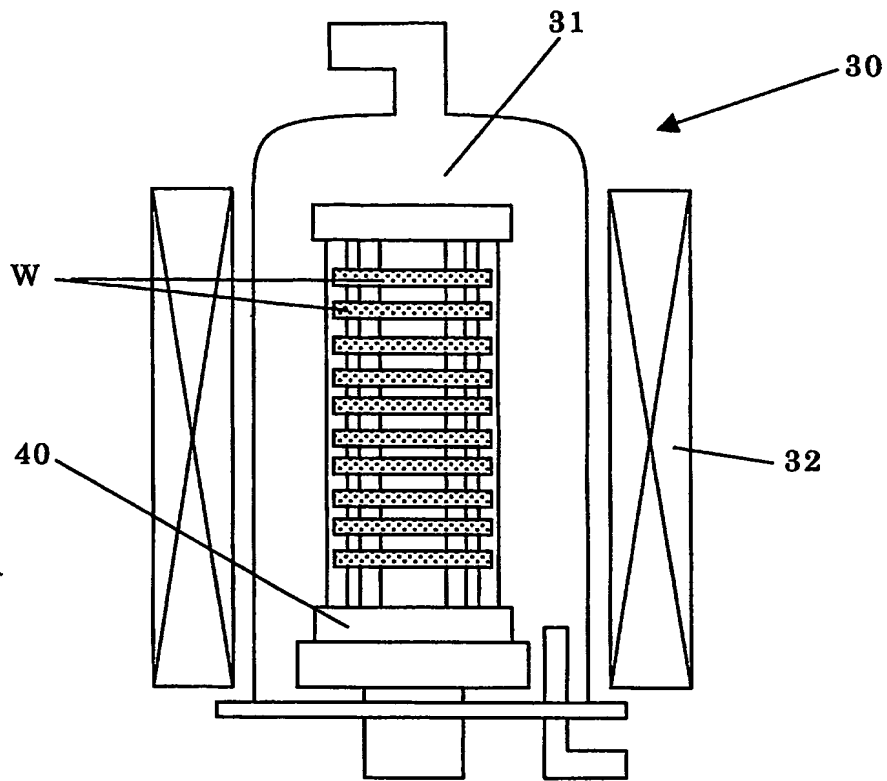


【図 5】

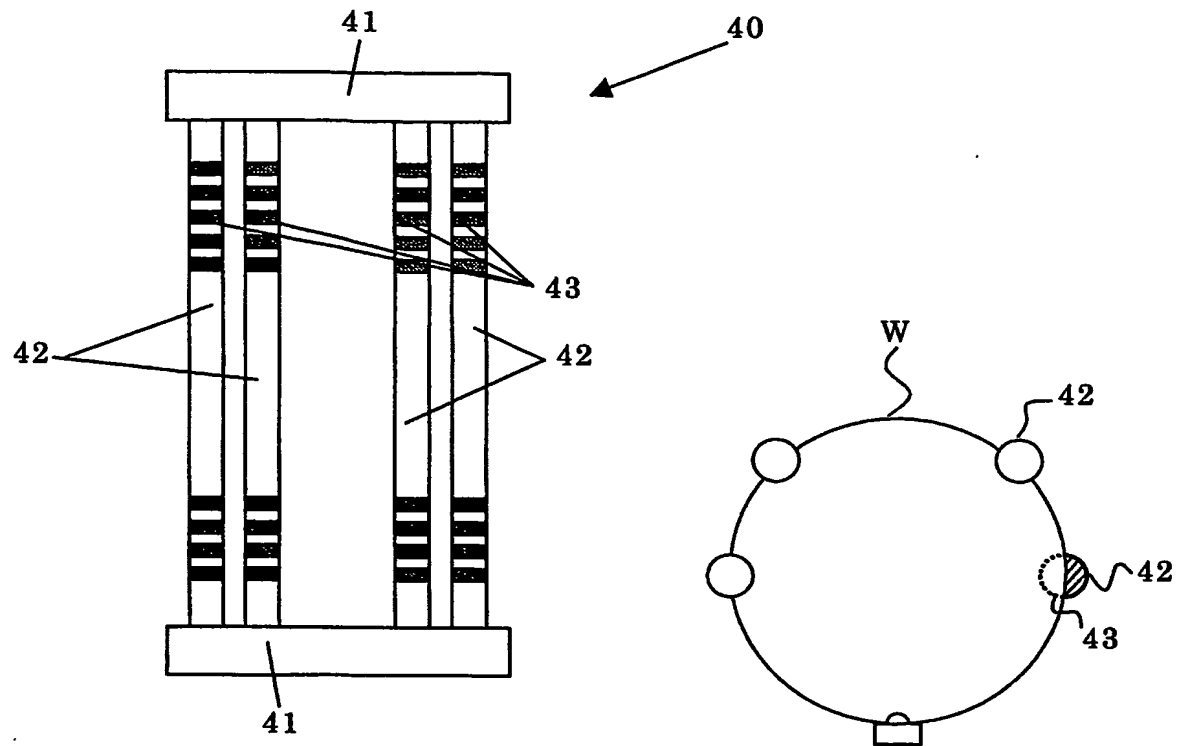




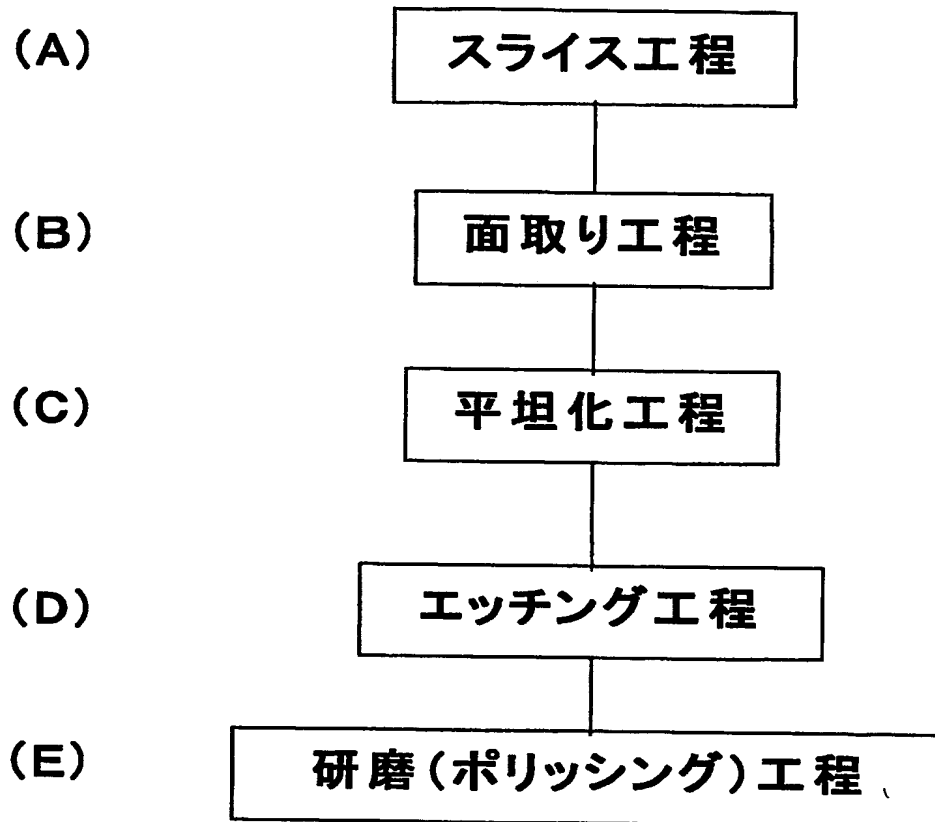
【図 6】



【図 7】



【図 8】



**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** ウェーハの製造で I G 能力を付与するための熱処理が短縮でき、I G 能力の高いウェーハを大量に生産することができるウェーハの製造方法を提供する。

**【解決手段】** ウェーハの製造方法であって、少なくとも、インゴット状態のシリコン単結晶に熱処理を行ない内部に内部微小欠陥 (BMD) を形成する BMD 形成工程と、前記内部微小欠陥 (BMD) を形成したインゴットをウェーハに加工するウェーハ加工工程を有するウェーハの製造方法。

**【選択図】** 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 2 9 2 5 5 8
受付番号	5 0 3 0 1 3 3 9 1 2 6
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 5 年 8 月 1 3 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年 8月12日
-------	-------------

特願 2 0 0 3 - 2 9 2 5 5 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 1 9 0 1 4 9 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 1 丁目 4 番 2 号

氏 名

信越半導体株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**